

计算机科学与技术系列教材

计算机系统结构 学习辅导及习题解答

主 编 高 辉 吴保荣 吴湘宁
副主编 陈南平 张玉萍 贺 莲 陈云亮



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

计 算 机 科 学 与 技 术 系 列 教 材

计算机系统结构学习辅导及习题解答

主 编 高 辉 吴保荣 吴湘宁

副主编 陈南平 张玉萍 贺 莲 陈云亮

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机系统结构学习辅导及习题解答/高辉,吴保荣,吴湘宁主编.
—武汉:武汉大学出版社,2006.8
(计算机科学与技术系列教材)
ISBN 7-307-05117-6

I. 计… II. ①高… ②吴… ③吴… III. 计算机体系结构—高等学校—教学参考资料 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 067737 号

责任编辑:林 莉 责任校对:黄添生 版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:787×980 1/16 印张:15.875 字数:323 千字

版次:2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7-307-05117-6/TP·206 定价:22.00 元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

计算机科学与技术系列教材

编 委 会

主 任:何炎祥,武汉大学计算机学院院长,教授

副 主 任:康立山,中国地质大学(武汉)计算机学院院长,教授

陆际光,中南民族大学计算机科学学院院长,教授

编 委:(以姓氏笔画为序)

王江晴,中南民族大学计算机科学学院副院长,教授

王春枝,湖北工业大学计算机学院副院长,教授

牛冀平,黄冈师范学院计算机系主任,副教授

石曙东,湖北师范学院计算机科学与技术系主任,教授

朱 英,桂林电子工业学院计算机系副教授

孙扬波,湖北中医学院信息技术系信息管理与信息系统教研室
主任

刘腾红,中南财经政法大学信息学院副院长,教授

陈少平,中南民族大学电信学院副院长,教授

杜友福,长江大学计算机科学学院院长,教授

陆 迟,江汉大学数学与计算机科学学院计算机系主任,副教授

闵华松,武汉科技大学计算机科学与技术学院副院长,副教授

陈佛敏,咸宁学院信息工程学院计算机系主任,副教授

陈建新,孝感学院计算机科学系主任,副教授

李禹生,武汉工业学院计算机与信息工程系副主任,教授

李晓林,武汉工程大学计算机科学与工程学院副院长,副教授

张涣国,武汉大学计算机学院教授

张唯佳,湖北省信息产业厅信息化推进处处长
余敦辉,湖北大学数学与计算机科学学院计算机系副主任
肖 微,湖北警官学院信息技术系副教授
钟 璐,武汉理工大学计算机科学与技术学院院长,教授
钟阿林,三峡大学电气信息学院计算机系主任
姜洪溪,襄樊学院电气信息工程系副主任,副教授
桂 超,湖北经济学院计算机与电子科学系副主任,副教授
黄求根,武汉科技学院计算机科学学院院长,教授
阎 菲,湖北汽车工业学院计算中心主任,副教授
韩元杰,桂林电子工业学院计算机系教授
谢坤武,湖北民族学院信息工程学院计算机系主任,副教授
戴光明,中国地质大学(武汉)计算机学院副院长,教授
魏中海,华中农业大学理学院计算机系副教授
执行编委:黄金文,武汉大学出版社副编审



内 容 简 介

本书是武汉大学出版社于 2006 年出版的《计算机系统结构》教材配套的学习辅导用书,也可以作为其他教材或考研参考用书。本书对每章提出了总的学习要求,明确指出重点、难点,并对每章内容做了简明概括,配有同步训练、考试指导、习题全解等重要内容,所有习题都配有答案,重点习题做了比较全面、多种方式的解答。



前 言

计算机系统结构(Computer Architecture)是计算机学科的一个重要方向,也是计算机专业的一门重要基础课程。为了帮助广大读者全面地了解和掌握这一门课程,我们根据长期的教学和科研经验,结合武汉大学出版社出版的《计算机系统结构》(2006年版)教材,编写了《计算机系统结构学习辅导及习题解答》。

全书与教材完全配套,共分为7章。第1章介绍了计算机系统的基本概念。包括主计算机系统结构的定义,计算机系统的分类、设计方法、性能评价。第2章介绍了数据表示与指令系统。包括基本的数据表示和高级数据表示,指令的寻址方式,指令格式的优化设计和指令设计的两种风格。第3章介绍了输入输出系统。包括输入输出原理,总线设计,中断系统,以及I/O通道与外围处理机。第4章介绍了存储系统。包括存储系统的基本原理,虚拟存储技术,Cache存储器技术。第5章介绍了流水和向量处理技术。包括标量流水技术,标量流水线的性能分析,标量流水中的障碍及控制,标量非线性流水线的调度,超标量与超流水技术和向量流水处理机。第6章介绍了并行处理技术。包括并行处理的基本概念,SIMD计算机阵列基本结构,SIMD计算机的互连网络,SIMD计算机举例,多处理机系统。第7章介绍了几种新型计算机系统。

全书本着由浅入深、循序渐进的原则,对每章提出了总的学习要求,明确指出重点和难点,对每章内容做了简明概括,配有同步训练、考试指导、习题全解等重要内容,所有习题都配有答案,重点习题做了比较全面、多种方式的解答。希望能够给读者带来全新的学习感觉,达到事半功倍的效果。

参加本书编写工作的有武汉大学的高辉老师(编写第一章)、张玉萍老师(编写第二章)、贺莲老师(编写第六章),中国地质大学(武汉)的吴湘宁老师和陈云亮老师(编写第四章),湖北大学的陈南平老师(编写第三章和第七章),湖北经济学院的吴保荣老师(编写第五章),全书由高辉老师负责统稿。

在本教材的编写过程中,得到了武汉大学计算机学院、中国地质大学(武汉)计算机学院、湖北大学教学与计算机科学学院的领导和教师以及武汉大学出版社的大力支持,还要感谢出版社黄金文、杨华、林莉等编辑的具体组织与帮助。

作 者

2006年5月



目 录

第1章 计算机系统设计基础	1
1.1 学习要求	1
1.2 知识结构	1
1.3 内容提要	3
1.4 同步训练	4
1.4.1 同步训练习题	4
1.4.2 同步训练习题参考答案	7
1.5 考试指导	8
1.6 习题全解	12
第2章 数据表示与指令系统	21
2.1 学习要求	21
2.2 知识结构	21
2.3 内容提要	22
2.4 同步训练	27
2.4.1 同步训练习题	27
2.4.2 同步训练习题参考答案	30
2.5 考试指导	32
2.6 习题全解	41
第3章 输入输出系统	56
3.1 学习要求	56
3.2 知识结构	56
3.3 内容提要	57
3.4 同步训练	59
3.4.1 同步训练习题	59
3.4.2 同步训练习题参考答案	65
3.5 考试指导	72
3.5.1 输入输出系统基本概念类题解	72

3.5.2 总线设计类题解	73
3.5.3 中断系统类题解	75
3.5.4 通道处理机类题解	78
3.6 习题全解	81
第4章 存储系统	90
4.1 学习要求	90
4.2 知识结构	90
4.3 内容提要	91
4.4 同步训练	98
4.4.1 同步训练习题	98
4.4.2 同步训练习题参考答案	102
4.5 考试指导	108
4.5.1 存储系统基本概念类题解	108
4.5.2 并行存储器类题解	109
4.5.3 虚拟存储器类题解	111
4.5.4 Cache 存储器类题解	114
4.6 习题全解	116
第5章 流水技术与向量处理	137
5.1 学习要求	137
5.2 知识结构	137
5.3 内容提要	138
5.4 同步训练	140
5.4.1 同步训练习题	140
5.4.2 同步训练习题参考答案	143
5.5 考试指导	146
5.6 习题全解	160
第6章 并行处理技术	180
6.1 学习要求	180
6.2 知识结构	180
6.3 内容提要	182
6.4 同步训练	192
6.4.1 同步训练习题	192
6.4.2 同步训练习题参考答案	194



6.5 考试指导	196
6.6 习题全解	203
第7章 新型计算机结构	222
7.1 学习要求	222
7.2 知识结构	222
7.3 内容提要	223
7.4 同步训练	225
7.4.1 同步训练习题	225
7.4.2 同步训练习题参考答案	227
7.5 考试指导	231
7.5.1 脉动阵列机类题解	231
7.5.2 数据流计算机类题解	231
7.5.3 归约机类题解	232
7.5.4 人工智能计算机类题解	233
7.6 习题全解	233
参考文献	242



第1章 计算机系统设计基础

1.1 学习要求

熟练掌握计算机系统层次结构,计算机系统结构、计算机组成、计算机实现的原理以及三者之间的关系,透明性分析,计算机系统的 Flynn 分类法, Amdahl 定律, 程序访问的局部性原理, CPU 性能公式, MIPS 和 MFLOPS。

掌握 Von Nemman 计算机结构的特征, 软件、应用和器件对系统结构发展的影响。

了解计算机系统设计的基本方法, Intel 系列微处理器的性能评价。

重点: 计算机系统层次结构, 结构、组成和实现的定义, Amdahl 定律, CPU 性能公式, MIPS 和 MFLOPS。

难点: 透明性分析。

1.2 知识结构

本章所包含的知识结构如图 1.1 所示。

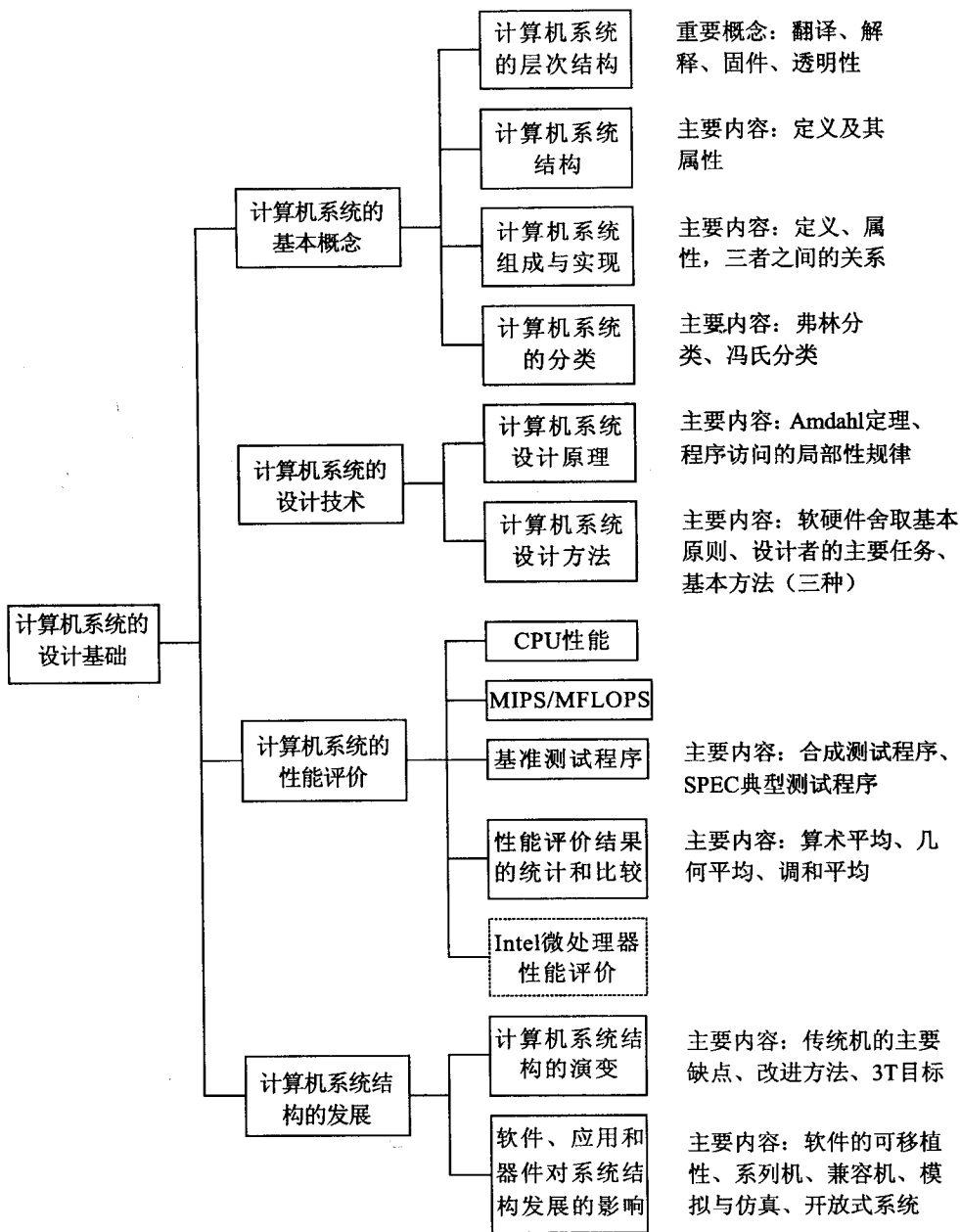


图 1.1 知识结构图



1.3 内容提要

1. 计算机系统软件、硬件(固件)共同组成,按功能可以划分为多级层次结构。
2. 计算机系统结构主要是研究软、硬件功能分配及软、硬件界面的确定。即哪些功能由软件完成,哪些功能由硬件完成。

3. 计算机系统结构是传统机器级的程序员所看到的一个计算机系统的属性,即概念性结构和功能特性。

计算机系统结构的属性包括:数据表示、寻址方式、指令系统、寄存器组织、存储系统组织、中断机构、机器工作状态的定义与切换、I/O 结构、信息保护方式和机构等。

计算机组成是计算机系统结构的逻辑实现。

计算机组成设计应包括:数据通路宽度、专用部件的设置、各种操作对部件的共享程度、功能部件的并行度、控制机构的组成方式、缓冲和排队技术、预估预判技术、可靠性技术等。

计算机实现是计算机组成的物理实现。它包括处理机和主存等部件的物理结构;器件的集成度和速度;器件、模块、插件、底板的划分与连接;专用器件的设计;微组装技术;信号传输;电源、冷却及整机装配技术等。

4. 计算机系统的分类。

(1) Flynn 分类法:按照计算机中指令流和数据流的多倍性进行分类,可以分为四类:

单指令流单数据流 SISD(Single Instruction stream Single Data stream);

单指令流多数据流 SIMD(Single Instruction stream Multiple Data stream);

多指令流单数据流 MISD(Multiple Instruction stream Single Data stream);

多指令流多数据流 MIMD(Multiple Instruction stream Multiple Data stream)。

(2) 冯氏分类法:用最大并行度(P_m)来对计算机系统分类,可以分为四类:

字串位串 WSBS(Word Serial and Bit Serial);

字并位串 WPBS(Word Parallel and Bit Serial);

字串位并 WSBP(Word Serial and Bit Parallel);

字并位并 WPBP(Word Parallel and Bit Parallel)。

5. Amdahl 定律:系统中对某一部件采取某种更快的执行方式后整个系统性能的改进程度,取决于这种执行方式被使用的频率,或所占总执行时间的比例。

$$S_p = \frac{T_o}{T_e} = \frac{1}{(1-f_e) + f_e/r_e}$$

其中, T_e 为系统改进前的执行时间, T_o 为系统改进后执行同一任务的时间。 f_e 表示被改进部分在改进前占系统的百分比, r_e 为被改进部分的加速比。



6. CPU 性能公式。

$$T_{\text{CPU}} = I_N \times \text{CPI} \times T_C$$

其中

$$\text{CPI} = \sum_{i=1}^n \left(\text{CPI}_i \times \frac{I_i}{I_N} \right)$$

$$\text{MIPS} = \frac{I_N}{T_E \times 10^6} = \frac{I_N}{I_N \times \text{CPI} \times T_C \times 10^6} = \frac{R_C}{\text{CPI} \times 10^6}$$

$$\text{MFLOPS} = \frac{I_{FN}}{T_E \times 10^6}$$

7. 计算机系统设计的任务和基本方法。

主要任务：

- (1) 要满足用户对功能上的要求以及相应的对价格和性能的要求；
- (2) 在满足功能要求基础上,进行设计的优化；
- (3) 设计应能适应日后发展趋势。

基本方法：

- (1) “由上往下”(top-down)设计；
- (2) “由下往上”(bottom-up)设计；
- (3) “中间开始”(middle-out)设计。

8. 计算机系统性能的统计和比较。

1.4 同步训练

1.4.1 同步训练习题

一、单项选择题

【题 1-1】汇编语言程序经()翻译成机器语言程序。

- A. 应用程序包 B. 编译程序
C. 汇编语言程序 D. 作业控制语言

【题 1-2】高级语言程序经()翻译成汇编语言程序。

- A. 应用程序包 B. 编译程序
C. 汇编语言程序 D. 作业控制语言

【题 1-3】最早的 Von Neumann 结构的计算机是以()为中心。

- A. 运算器 B. 控制器 C. 存储器 D. I/O 设备

【题 1-4】器件的发展加速了系统结构点的移动,它具体是指()。

- A. 向上移动 B. 向下移动 C. 向左移动 D. 向右移动

【题 1-5】某个时期投入市场的机器上编制的软件,不用修改就可运行在比它之后投入市场的机器上,这被称为()。



- A. 向上兼容 B. 向下兼容 C. 向前兼容 D. 向后兼容

【题1-6】从汇编语言程序员的角度来看,不透明的是()。

- A. 指令地址寄存器 B. 主存地址寄存器
C. 条件码寄存器 D. 指令缓冲寄存器

【题1-7】计算机系统结构应该考虑的内容是()。

- A. 主存采用 MOS 还是 TTL 器件 B. 主存是采用多体交叉还是单体
C. 主存容量和编址方式 D. 主存频宽的确定

【题1-8】“由中间开始”设计的“中间”目前多数是在()之间。

- A. 传统机器级与操作系统之间 B. 传统机器级与微程序级之间
C. 操作系统与汇编语言级之间 D. 微程序级与汇编语言级之间

【题1-9】假设将某系统的某一部件的处理速度加快到10倍,但该部件的原处理时间仅为整个运行时间的40%,则采用加快措施后能使整个系统的性能提高()倍。

- A. 1.56 B. 2.00 C. 1.98 D. 2.01

【题1-10】对计算机组成透明的是()。

- A. 数据总线的物理宽度 B. 指令是顺序还是流解释
C. 器件的散热 D. 加法运算部件

二、多项选择题

【题1-11】应用语言程序经()()成高级语言程序。

- A. 编译程序 B. 应用程序包 C. 解释 D. 翻译

【题1-12】作业控制语言程序经()()成机器语言程序。

- A. 机器语言程序 B. 汇编语言程序 C. 解释 D. 翻译

【题1-13】目前,M1(传统机器级)用()实现,M2至M5(虚拟机器级)大多用()实现。

- A. 软件 B. 硬件 C. 固件 D. 微程序

【题1-14】优化性能价格比,是指()或()。

- A. 在尽量提高性能前提下尽量降低价格
B. 在某种价格情况下尽量提高性能
C. 在满足性能前提下尽量降低价格
D. 在尽量降低价格情况下尽量提高性能

【题1-15】用微程序直接解释另一种机器指令系统的方法称为(),用机器语言解释另一种机器指令系统的方法称为()。

- A. 模拟 B. 仿真 C. 翻译 D. 解释

【题1-16】合成测试程序包括()。

- A. Whetstone B. SPECint C. SPECfp D. Dhrystone

【题 1-17】以下属于计算机系统 3T 性能目标的是()。

- A. 1TB 硬盘容量
- B. 1TB 的程序存储空间
- C. 1TB 主存容量
- D. 1TB/S 的 I/O 吞吐率

【题 1-18】非传统的 Von Neumann 结构的计算机是指()。

- A. 数据流计算机
- B. 阵列计算机
- C. 智能计算机
- D. CARY-1 型向量计算机

【题 1-19】从汇编语言程序员看,透明的是()。

- A. 程序计数器
- B. 主存地址寄存器
- C. 条件码寄存器
- D. 指令缓冲寄存器

【题 1-20】对计算机系统结构设计者不透明的是()。

- A. 指令系统的设计
- B. 加法器的速度和价格
- C. 存储体系的管理和信息保护
- D. 中断的分类与分级。

三、判断题(在正确的题后打“√”,在错误的题后打“×”)

【题 1-21】从计算机系统多级层次结构来看,高级语言机器级的高级语言经编译程序解释成汇编语言。()

【题 1-22】对于同一个计算机系统结构,可以有多种不同的计算机组成和计算机实现。()

【题 1-23】作为“计算机系统结构”这门学科,实际上包括了系统体系结构和组成两方面的内容。()

【题 1-24】计算机中指令是采用重叠还是流水方式执行,对于计算机系统结构设计者是不透明的。()

【题 1-25】由于计算机组成和实现是在计算机系统结构之后,所以,系统结构可以无条件地限制各种组成和实现技术的采用。()

【题 1-26】由同一厂家生产的、系统结构相同的,但组成和实现不同的所有计算机,称为兼容机。()

【题 1-27】计算机性能是硬件、软件、可靠性、可用性等多种指标的综合。()

【题 1-28】系列机应保证向后兼容,力争向上兼容。()

【题 1-29】在原有计算机的基础上,将单累加器结构改变为多累加器结构。新的计算机与原有的计算机组成系列机。()

【题 1-30】按照 Flynn 分类法,由多个处理单元组成的阵列处理机,可划分为 MIMD 类。()

四、简答题

【题 1-31】简述 Flynn 对计算机系统进行分类的方法。

【题 1-32】简述计算机系统设计中软硬件取舍的三个原则。



【题 1-33】简述实现软件移植的三个途径。

【题 1-34】硬件和软件在什么意义上是等效的？在什么意义上又是不等效的？试举例说明。

【题 1-35】20 世纪末计算机系统的 3T 性能目标是什么？

1.4.2 同步训练习题参考答案

一、单项选择题

【题 1-1】(C) 【题 1-2】(B) 【题 1-3】(A) 【题 1-4】(D)

【题 1-5】(D) 【题 1-6】(C) 【题 1-7】(C) 【题 1-8】(A)

【题 1-9】(A) 【题 1-10】(C)

二、多项选择题

【题 1-11】(B、D) 【题 1-12】(A、C) 【题 1-13】(D、A)

【题 1-14】(A、B) 【题 1-15】(B、A) 【题 1-16】(A、B、D)

【题 1-17】(C、D) 【题 1-18】(A、C) 【题 1-19】(A、B、D)

【题 1-20】(A、C、D)

三、判断题

【题 1-21】(×) (翻译) 【题 1-22】(√) 【题 1-23】(√)

【题 1-24】(×) (计算机组成所包含的属性) 【题 1-25】(×) (不能无条件地限制)

【题 1-26】(×) (同一厂家的为系列机) 【题 1-27】(√) 【题 1-28】(√)

【题 1-29】(×) (改变了原有指令系统) 【题 1-30】(×) (应为 SIMD 型计算机)

四、简答题

【题 1-31】

【答】按照指令流和数据流的多倍性对计算机系统分类。指令流是指机器执行的指令序列，数据流是指由指令流调用的数据序列，多倍性是指在系统性能瓶颈部件上处于同一执行阶段的指令或数据的最大可能个数。由此，可以将计算机系统分为四类：

单指令流单数据流 (SISD)，如传统的单处理机；

单指令流多数据流 (SIMD)，如阵列处理机；

多指令流单数据流 (MISD)，如脉动阵列计算机；

多指令流多数据流 (MIMD)，如多处理机系统。

【题 1-32】

【答】原则一：在现有的逻辑器件和存储器件条件下，系统要有较高的性能价格比；
原则二：系统结构的设计不要过多或不合理地限制各种组成、实现技术的采用；